

文章编号:1007-9629(2023)01-0029-09

高强钢绞线网/ECC 加固 RC 柱 小偏心受压性能研究

王新玲, 赵要康, 王利超, 罗鹏程, 范家俊*
(郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要:为研究高强钢绞线网/ECC(HSME)加固钢筋混凝土(RC)小偏心受压柱的正截面受力性能,对 HSME 加固 RC 柱、ECC 加固 RC 柱和未加固 RC 柱进行了小偏心受压性能试验.结果表明:采用 HSME 加固后 RC 柱的整体性能得到显著提升,当采用相同的相对初始偏心距时,与未加固 RC 柱相比,HSME 加固 RC 柱的开裂荷载、峰值荷载和延性分别提高了 100.0%~113.3%、99.8%~108.0%、75.9%~77.8%;相同荷载下,HSME 加固 RC 柱的 ECC 应变和纵筋压应变均小于 ECC 加固 RC 柱,HSME 的加固效果更优;HSME 加固层为核心混凝土提供了有效约束,改善了 RC 柱的损伤分布和破坏模式,显著提高了 RC 柱的承载力和延性;整个受压过程中,HSME 加固层与 RC 柱混凝土协调变形,共同工作性能良好.

关键词:高强钢绞线网/ECC;加固;钢筋混凝土柱;小偏心受压;试验研究

中图分类号:TU528.571

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1007-9629.2023.01.005

Compressive Behavior of RC Columns Strengthened by High-Strength Steel Stranded Wire Meshes/ECC under Small Eccentric Compression

WANG Xinling, ZHAO Yaokang, WANG Lichao, LUO Pengcheng, FAN Jiajun*
(School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to investigate the mechanical behavior of normal cross-section of reinforced concrete(RC) columns strengthened by high-strength steel stranded wire meshes/ECC(HSME) under small eccentric compression, HSME strengthened RC columns, ECC strengthened RC column and unstrengthened RC column were prepared and tested under small eccentric compression. Results show that the overall performance of RC columns strengthened by HSME is improved significantly. Compared with the unstrengthened RC column, the cracking load, peaking load and ductility are increased by 100.0%–113.3%, 99.8%–108.0% and 75.9%–77.8% respectively. Under the same load, both the strain of ECC and the compressive strain of longitudinal reinforcement of HSME strengthened RC columns are smaller than those of ECC strengthened RC column. By contrast, RC columns strengthened by HSME have obvious advantages over the ECC strengthened RC column. Furthermore, the core concrete is effectively confined by the HSME reinforcement layer, which improves the damage distribution and failure pattern of RC columns and results in the significant improvements of the load-carrying capacity and ductility. During the whole loading process, the deformations of HSME reinforcement layer and original RC column concrete are coordinated and the cooperative working performance of them is satisfactory.

收稿日期:2021-10-21; 修订日期:2022-01-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51879243,51708511,52108183);国家自然科学基金-河南联合基金资助项目(U1804137);中国博士后科学基金资助项目(2021TQ0302)

第一作者:王新玲(1963—),女,河南新乡人,郑州大学教授,硕士生导师,博士. E-mail:xinlingwang@zzu.edu.cn

通讯作者:范家俊(1990—),男,河南开封人,郑州大学讲师,博士. E-mail:jiajun.fan@zzu.edu.cn

Key words: high-strength steel stranded wire meshes/ECC; strengthen; reinforced concrete column; small eccentric compression; experimental study

钢筋混凝土(RC)柱是竖向受压结构的重要组成部分,然而,由于受长期服役产生损伤、结构功能变化、设计标准和安全储备性能提高等因素的影响,需对既有RC柱进行增强加固.近年来,纤维水泥基复合材料(ECC)因其优良的变形性能、抗裂性能及耐久性等^[1-2]已被逐渐应用于RC柱的增强加固^[3].但单一ECC材料仍存在抗拉强度偏低的不足,国内外学者通过增强材料(纤维增强复合材料FRP、钢筋网等)来提高其工作性能,并应用于RC柱的增强加固以提升其整体性能. Al-Gemeel等^[4]将玄武岩纤维增强复合材料(BFRP)增强ECC用于约束混凝土柱,有效提高了其承载能力及延性.袁超^[5]对钢筋网增强ECC加固RC偏压柱承载力的计算方法.此外,高强钢绞线与FRP相比具有更优的经济性,与普通钢筋相比具有更高的强度,因此,部分学者将钢绞线与聚合物砂浆组合应用于增强加固RC构件. Zhao^[6]将钢丝网增强改性高强砂浆用于混凝土柱的加固,有效提高了其承载能力、变形能力和耗能能力.孙延华等^[7]对钢筋/钢丝网砂浆加固RC梁进行了抗剪试验研究,给出了加固梁抗剪承载力和斜裂缝宽度的计算公式.

综上所述,研究团队结合ECC和高强钢绞线的优点,提出了一种能充分发挥两者优势的新型复合材料:高强钢绞线网/ECC(HSME).材料研究表明其具有优异的力学性能^[8-11],高强钢绞线与ECC可很好地协同工作,具有更高的抗拉强度、变形能力及裂缝分散控制能力.为将该材料应用于既有混凝土结构工程加固中,有效提升加固结构的整体性能,并解决RC小偏心受压柱脆性破坏及耐久性不足等问题,本文提出将高强钢绞线网/ECC用于加固RC小偏心受压柱,并通过试验研究其受压性能.

1 试验

1.1 试件设计

本试验共制作了5根RC柱,其尺寸和截面配筋如图1所示,其中混凝土强度等级为C40,纵筋和箍筋强度等级均为HRB400.试件参数见表1.因加固后柱截面尺寸大于未加固柱,初始偏心距采用相对初始偏心距 e_0/h (e_0 为轴向力作用点对截面重心的偏心距; h 为加固后柱截面高度).表1中: d 为钢绞线公称直径; s 为横向钢绞线间距; n 为受拉(压)侧纵向

钢绞线根数; ρ_w 为纵向钢绞线配筋率.

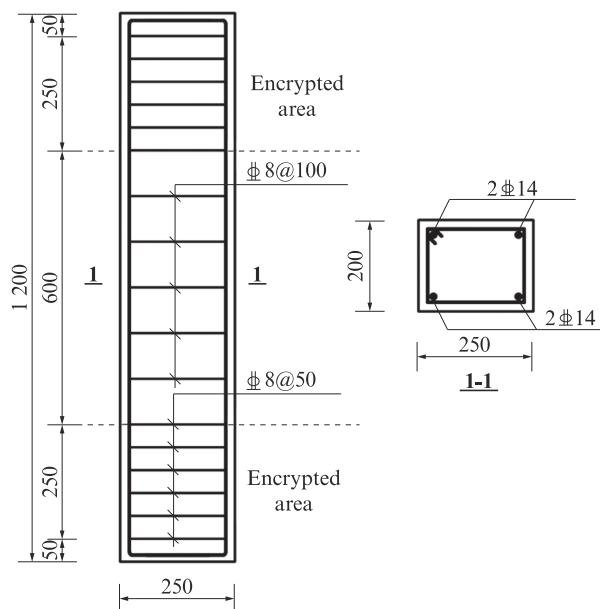


图1 RC柱尺寸和截面配筋示意图

Fig. 1 Geometries and reinforcement details of RC columns(size; mm)

表1 试件参数

Table 1 Parameters of specimens

Group	e_0/h	High-strength steel stranded wire mesh				Reinforcement layer
		d/mm	s/mm	n	$\rho_w/\%$	
RC-C	0.22h					
ECC-RC	0.22h					ECC
HSME-RC1	0.22h	2.4	60	3	0.17	HSME
HEME-RC2	0.22h	2.4	60	5	0.28	HSME
HSME-RC3	0.27h	2.4	60	3	0.17	HSME

1.2 加固方案设计

参考GB 50367—2013《混凝土结构加固设计规范》,RC柱采用四面围套的外加层构造方式(见图2),外侧布置高强钢绞线网,横向钢绞线在纵向钢绞线内侧.其中,横向钢绞线缠绕RC柱一周并在两端采用铝环连接,即将钢绞线两端伸入到铝环的2个孔内进行搭接,形成对混凝土的横向有效约束作用.受拉(压)侧纵向钢绞线在柱两端弯折90°至柱顶和柱底进行锚固,对于实际既有结构中的框架柱可以采用植筋法^[12]进行锚固.

加固施工工艺参考JGJ 337—2015《钢绞线网片聚合物砂浆加固技术规程》,首先对RC柱表面进行

凿毛处理,将4条侧棱打磨成半径15 mm的圆弧,对受拉(压)侧进行刻槽处理;然后进行高强钢绞线网绑扎,张拉预紧后进行锚固;接着清洗表面并喷洒界

面剂;最后采用分层的方式进行ECC浇筑并养护.ECC加固柱除未在RC柱外侧布置高强钢绞线网外,其加固方式与HSME加固RC柱一致.

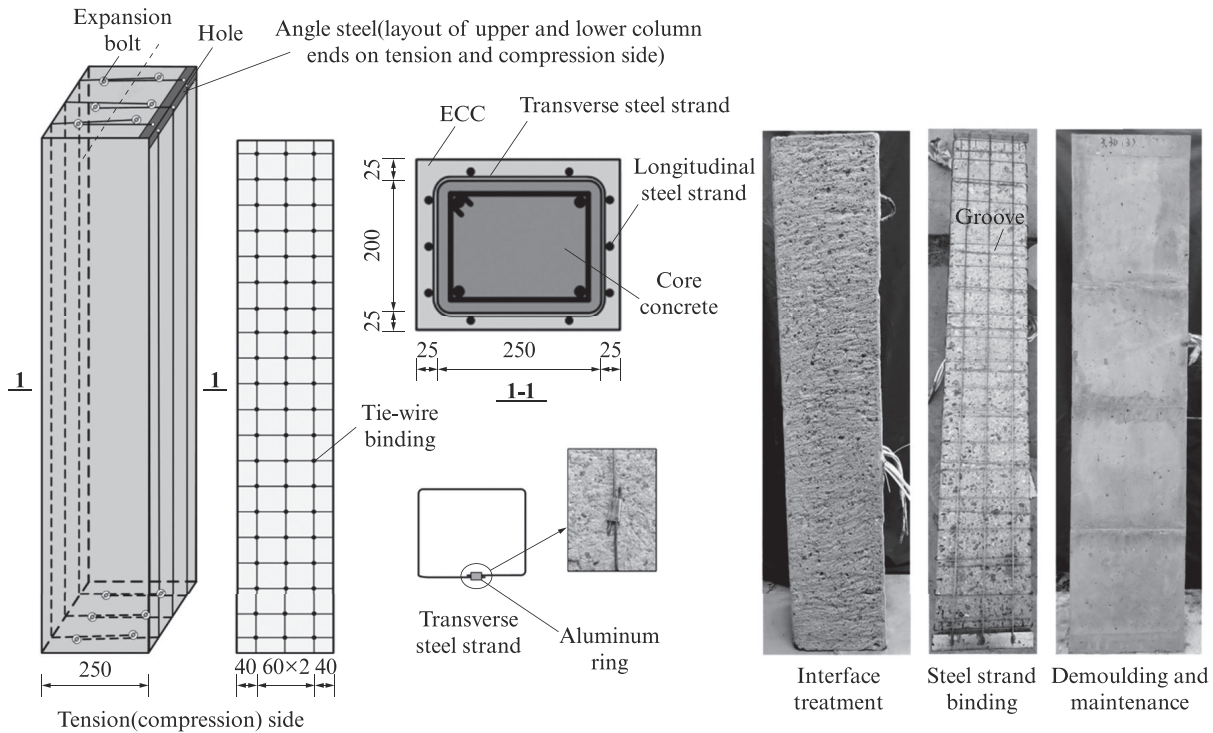


图2 加固RC柱示意图

Fig. 2 Reinforcement diagram of RC column(size: mm)

1.3 材料性能试验

浇筑RC柱的同时制备边长150 mm的混凝土立方体试块,实测其抗压强度均值为45.9 MPa.试验所用纵筋和箍筋屈服强度分别为448、467 MPa,极限抗拉强度分别为654、678 MPa.钢绞线实测截面面积为2.83 mm²,抗拉强度为1 546.5 MPa,弹性模量为128 GPa,极限拉应变为2.9%.ECC中聚乙烯醇(PVA)纤维体积分数为2%,其余配合比(以水泥质量计)见表2,所用细砂粒径不大于74 μm,PVA纤维性能见表3.ECC力学性能见表4.

1.4 试验加载和量测方案

本试验采用荷载分级控制在5 000 kN压力试验机上进行加载,如图3所示.正式加载前,先对试件进行预加载,以确保试验装置处于正常工作状态,然后进行正式加载.达到极限荷载后,持续加载直至破坏

或承载力降至峰值荷载的70%.

试验中通过力传感器对荷载进行监控,采样频率为2次/s.在试件弯曲平面内沿高度方向在顶部、中部、底部布置位移计(LVDT)来测量其侧向挠度,在试件受拉(压)侧中部沿纵向粘贴应变片来测量ECC(混凝土)拉压应变,在试件跨中侧面等间距粘贴5个应变片来测量其跨中截面应变,在纵筋中部延纵向粘贴应变片来测量其拉压应变.

表2 ECC配合比
Table 2 Mix proportion of ECC

Cement	Sand	Fly ash	Micro-silica powder	Water	Water reducer
1.000 0	0.300 0	4.000 0	0.080 0	1.150 0	0.067 5

表3 PVA纤维性能
Table 3 Properties of PVA fibers

Diameter/μm	Length/mm	Tensile strength/MPa	Elastic modulus/GPa	Rupture elongation/%	Density/(g·cm ⁻³)
40	12	1 560	41	6.5	1.3

表4 ECC力学性能
Table 4 Mechanical properties of ECC

Group	Compressive strength/MPa	Tensile strength/MPa	Ultimate tensile strain/%
ECC-RC	38.9	2.79	2.61
HSME-RC1	40.2	2.81	2.75
HEME-RC2	39.5	2.93	2.80
HSME-RC3	40.8	2.88	2.74

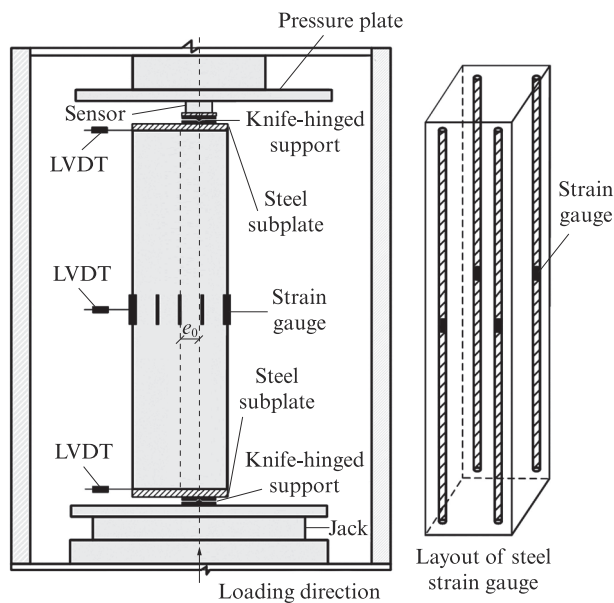


图3 试验加载装置示意图
Fig. 3 Schematic of test setup

2 试验现象

2.1 未加固RC柱

加载前期,未加固RC柱试件RC-C表面基本无变化.加载至峰值荷载的90%左右时,在受压侧出现竖向裂缝,并伴随明显混凝土碎裂声,距RC柱底部约30 cm处出现裂缝,并随即向支座方向斜向开展.当荷载达到峰值荷载时,RC柱根部受压侧混凝土压碎,部分纵筋受压屈曲,承载力急剧下降,破坏无明显征兆,为典型的小偏心受压脆性破坏(见图4).

2.2 ECC加固RC柱

当加载至峰值荷载的25%左右时,ECC加固RC柱试件ECC-RC受拉侧出现细微水平裂缝,宽度为0.01 mm.继续加载,受拉侧出现新裂缝且原有裂缝不断发展.当加载至峰值荷载的80%左右时,受压侧顶部出现竖向裂缝,伴随ECC中纤维拉拔断裂的“滋滋”声.达到峰值荷载时,受压侧最大裂缝宽度为0.25 mm.随后荷载缓慢下降,裂缝明显变宽,当降至峰值荷载的80%左右时,受压侧顶部ECC被压碎,此时试件ECC-RC的跨中侧向挠度为5.09 mm.而未加



图4 未加固RC柱的破坏形态
Fig. 4 Failure pattern of RC-C

固RC柱在混凝土压碎时的跨中侧向挠度为3.16 mm.这说明ECC加固RC柱呈现出较为明显的挠曲变形,表现出一定的延性破坏特点,且受压区ECC损伤破坏面积明显大于受拉区(见图5).

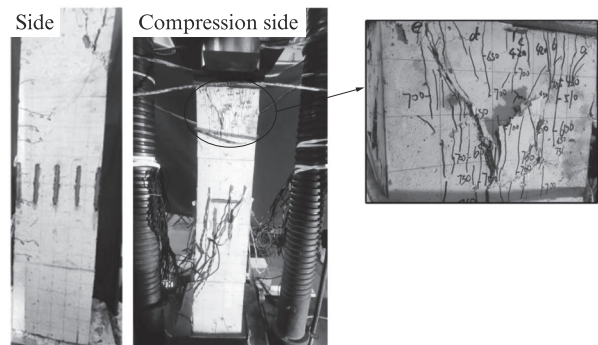


图5 ECC加固RC柱的破坏形态
Fig. 5 Failure pattern of ECC-RC

2.3 HSME加固RC柱

在小偏心荷载作用下,3组HSME加固RC柱的破坏形态类似,因此仅列举试件HSME-RC1的破坏形态,如图6所示.当荷载达到峰值荷载的25%左右时,试件HSME-RC1受拉侧中部出现数条水平细微裂缝,宽度为0.01 mm.继续加载,裂缝数量增多,宽度基本无变化.当加载至峰值荷载的80%左右时,受压侧开始出现竖向裂缝,此时受拉侧最大裂缝宽度增大至0.07 mm.继续加载,受压侧裂缝不断出现,裂缝宽度增加缓慢,表面裂缝分布具有明显密而细的特点.当荷载达到峰值荷载时,受压侧最大裂缝宽度为0.20 mm,满足GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》中对混凝土结构正常使用极限状态下裂缝宽度的要求.此时,伴随有ECC内纤维拉拔断裂的“滋滋”声.之后,随着荷载的缓慢下降,试件变形明显增大,裂缝明显变宽.

当荷载降至峰值荷载的75%左右时,受压侧底部ECC被压碎,且可听到钢绞线的拉断声,破坏过程发展缓慢.HSME加固RC柱在ECC压碎时的跨中侧向挠度为6.93~7.69 mm,而ECC加固RC柱在ECC压碎时的跨中侧向挠度为5.09 mm,较ECC加固RC柱有更大的挠曲变形,表现出更为明显的延性破坏特点,且受压区压碎面积明显大于受拉区.

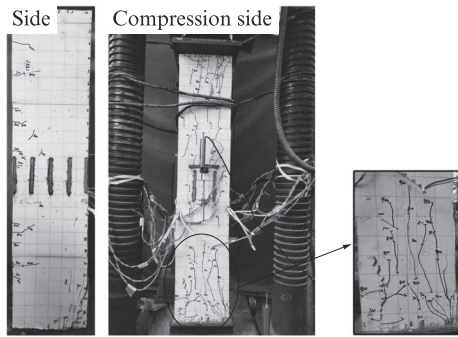


图6 试件HSME-RC1的破坏形态
Fig. 6 Failure pattern of specimen HSME-RC1

2.4 HSME加固RC柱受力机理和破坏模式分析

各加固RC柱的裂缝分布如图7所示.由图7可见:在小偏心荷载作用下,HSME加固RC柱受拉区面积较小,受拉侧HSME加固层承担了较多的拉力,出现细微裂缝,但ECC中短纤维尚未被拉断,依然可以承担拉力,达到峰值荷载时最大裂缝宽度仅为0.07 mm;HSME加固层内的高强钢绞线网与ECC协同工作,可更好地限制裂缝的开展,因此HSME加固RC柱受拉侧的裂缝数量和长度明显小于ECC加固RC柱;HSME加固RC柱受压侧压应变和压应力较大,由HSME加固层与RC柱共同承担,达到峰值荷载时,受压侧加固层出现竖向裂缝、并被压碎.从HSME加固RC柱整体受力角度分析,随着核心混凝土横向膨胀变形的增大,HSME加固层对核心混凝土产生套箍效应,为受压区混凝土提供了有效的侧向约束,既延缓了受压侧加固层和核心混凝土接触面剥离的产生,又起到了明显提高其承载力的作用.

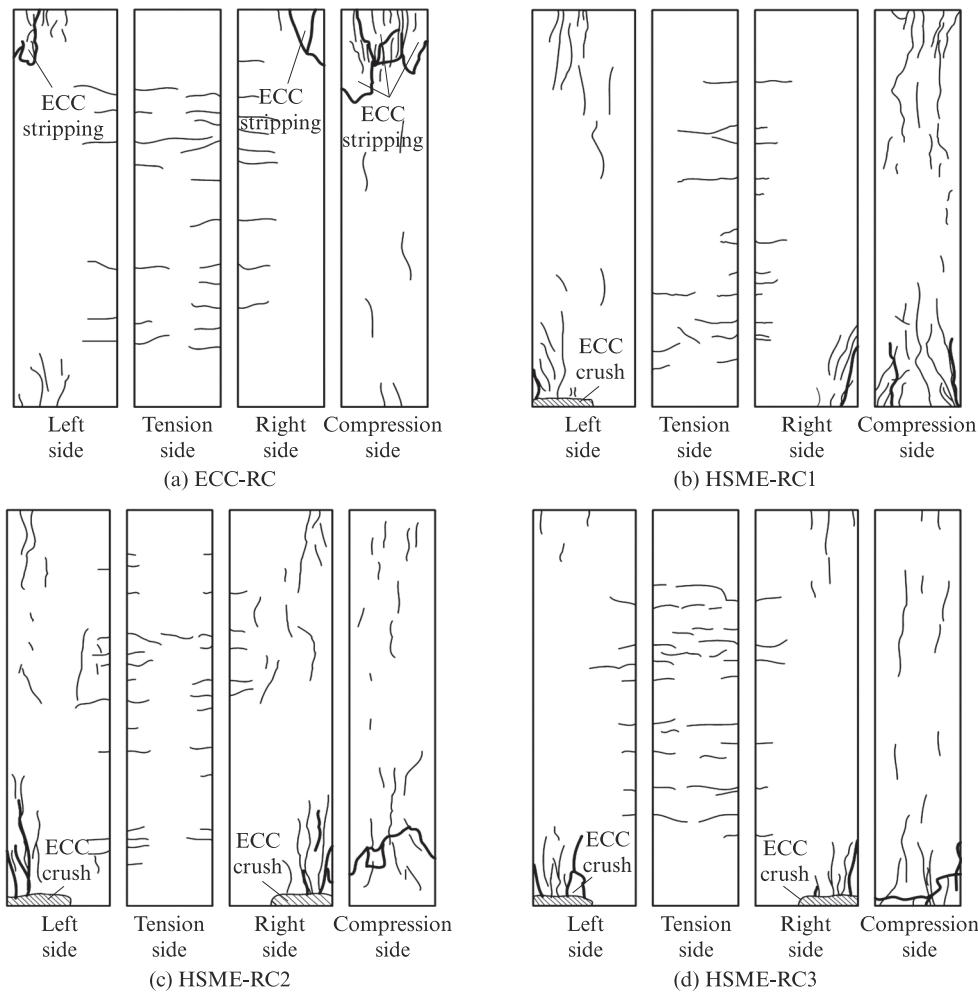


图7 各加固RC柱的裂缝分布
Fig. 7 Crack distribution of strengthened RC columns

对比图7(a)、(b)、(c)可知,当相对初始偏心距相同时,HSME加固RC柱的表面裂缝分布较ECC加固RC柱更加均匀、细密,说明高强钢绞线网能有效改善裂缝分布形态,HSME加固RC柱整体性能更好.对比图7(b)、(c)可知,纵向钢绞线配筋率的改变对试件受拉侧表面裂缝分布影响较大,纵向钢绞线配筋率越大,试件受拉侧表面裂缝分布越均匀、间距越小,对受压侧影响越小.对比图7(b)、(d)可知,相对初始偏心距越大,试件受拉侧表面裂缝越多、宽度越大.ECC加固RC柱的破坏模式为受压侧混凝土和ECC被压碎,损伤较重,而3根HSME加固RC柱的破坏模式均为受压侧出现竖向主裂缝、ECC和混凝土被压碎,损伤较轻,说明HSME加固RC柱的整体性能更好.

3 结果与分析

将所有试件均加载至极限破坏状态,得到的主要试验结果见表5.表5中: N_{cr} 为开裂荷载; N_p 为峰值荷载; n_{cr} 、 n_p 分别为加固RC柱开裂荷载、峰值荷载相对于未加固RC柱开裂荷载、峰值荷载的增加率; Δ_y 为屈服挠度,取荷载-跨中侧向挠度曲线上屈服点对应的挠度,屈服点采用文献[13]中最远点法确定; Δ_u 为极限挠度,取荷载降至峰值荷载的75%时所对应的跨中侧向挠度; μ 为延性系数; β 为加固RC柱延性系数相对于未加固RC柱延性系数的增加率.

表5 主要试验结果
Table 5 Main test results

Group	$N_{cr}/$ kN	$n_{cr}/\%$	$N_p/$ kN	$n_p/\%$	$\Delta_y/$ mm	$\Delta_u/$ mm	μ	$\beta/\%$
RC-C	150		597		2.44	3.55	1.58	
ECC-RC	280	86.7	867	45.2	2.18	5.16	2.37	50.0
HSME-RC1	300	100.0	1193	99.8	2.49	6.93	2.78	75.9
HEME-RC2	320	113.3	1242	108.0	2.56	7.20	2.81	77.8
HSME-RC3	250		1096		2.57	7.69	2.99	

3.1 开裂荷载

由表5可知:ECC加固RC柱的开裂荷载较未加固RC柱提高了86.7%,证明了ECC优异的抗拉性能;HSME加固RC柱试件HSME-RC1和HSME-RC2的开裂荷载较未加固RC柱分别提高了100.0%、113.3%,较ECC加固RC柱分别提高了7.1%、14.3%.这主要是因为HSME内布置有高强钢绞线网,其开裂应变和开裂应力明显优于ECC^[10],进一步说明HSME加固层能更有效地抑制裂缝的产生.但由于试件发生开裂时竖向和横向变形均较小,钢绞线应变较小,因此HSME加固RC柱开裂荷载较

ECC加固RC柱开裂荷载的提升幅度有限.

3.2 峰值荷载

由表5还可知,HSME加固RC柱试件HSME-RC1和HSME-RC2的峰值荷载较未加固RC柱分别提高了99.8%、108.0%,较ECC加固RC柱分别提高了37.6%、43.3%.基于试验分析可知,当加固RC柱达到峰值荷载时,核心混凝土发生了较大横向膨胀变形,HSME加固层内布置的横向钢绞线可为核心混凝土提供更有效的约束,起到明显提高试件承载力的作用.而仅ECC加固时约束作用较小,因此ECC加固RC柱的峰值荷载低于HSME加固RC柱.对比试件HSME-RC1和HSME-RC2可知,纵向钢绞线配筋率的变化对试件峰值荷载影响较小,分析其原因:本试验中试件偏心距较小,受拉侧钢绞线所受拉应力较小,此外纵向钢绞线面积变化较小(每根仅为 2.83 mm^2 ,2根仅 5.66 mm^2),因此其对峰值荷载的影响不大.对比试件HSME-RC1和HSME-RC3可知,相对初始偏心距越大,试件峰值荷载越小.

3.3 荷载-应变曲线

各试件荷载-ECC(混凝土)应变曲线如图8(a)所示.由图8(a)可见:在加载初期,各试件ECC(混凝土)应变较小,随荷载增大而大致呈线性增长;当荷载接近峰值荷载时,曲线逐渐趋于平缓,应变开始快速增加;相同荷载下,HSME加固RC柱的ECC应变明显低于ECC加固RC柱,说明HSME加固层能有效延缓试件开裂和ECC(混凝土)的损伤.

图8(b)绘出了各试件荷载-钢筋应变曲线.由图8(b)可见:对于离轴压力较近的受压侧纵筋,在达到屈服之前,其应变基本保持线性增长,在屈服之后,荷载增长缓慢,其应变进入屈服台阶、迅速增长;而另一侧纵筋均未达到受拉(受压)屈服;相对初始偏心距较小的试件HSME-RC1和HSME-RC2,离轴压力较远一侧的纵筋亦处于受压状态(未加固RC柱处于受拉状态),这说明HSME加固后试件截面面积增大,该侧纵筋到受拉边缘的距离增大而处于受压状态;在相同荷载下,相比未加固RC柱和ECC加固RC柱,HSME加固RC柱的纵筋压应变较小,进一步说明HSME加固层对小偏心受压柱承载力有提高作用.

3.4 荷载-跨中侧向挠度曲线

各试件的荷载-跨中侧向挠度曲线如图9所示.由图9可见:加固RC柱在加载初期,挠度很小;而开裂后,其挠度增长速率变快;当达到峰值荷载时,荷载开始缓慢下降,挠度则快速增长直到破坏,整个下降段较平缓;在相同荷载下,加固RC柱的跨中侧向

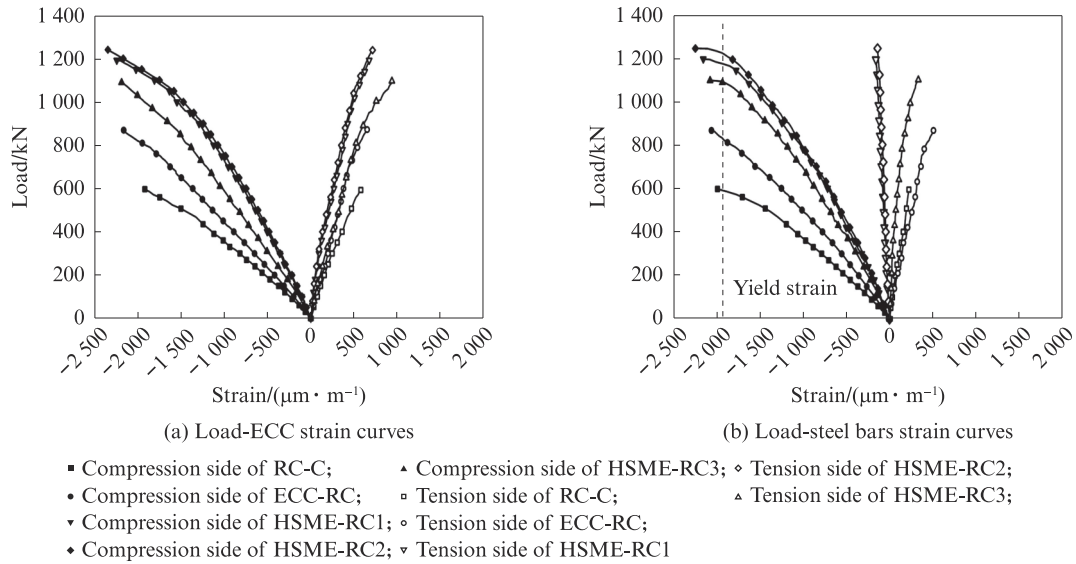


图8 荷载-应变曲线
Fig. 8 Load-strain curves

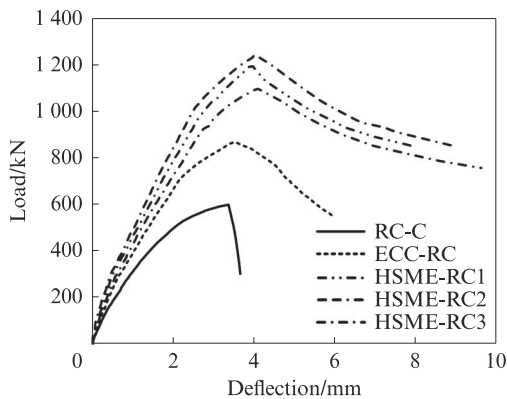


图9 荷载-跨中侧向挠度曲线
Fig. 9 Load vs. mid-span lateral deflection curves

挠度明显小于未加固RC柱,这是因为加固层增大了试件的刚度,所以加固RC柱的挠曲变形减小;HSME加固RC柱的下降段较未加固RC柱和ECC加固RC柱更为平缓,说明前者变形及耗能能力明显提高,表现出良好的延性破坏特征,而且其残余强度更高,约为峰值荷载的70%~80%。分析原因:该阶段受压侧ECC加固层竖向裂缝明显变宽,并逐渐被压碎,导致其对受压区核心混凝土的约束作用明显降低;而HSME加固层内布置的横向钢绞线网的约束作用愈加明显,直至拉断,因此,HSME加固层能更有效地提升RC柱的变形能力。

3.5 延性分析

试件延性通过延性系数 μ 来衡量,其计算式^[14]如下:

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (1)$$

延性系数计算结果见表5。由表5可见,当采用相

同的相对初始偏心距时,HSME加固RC柱的延性系数较未加固RC柱提高了75.9%~77.8%,较ECC加固RC柱提高了17.3%~18.6%,说明HSME加固层能更加显著地改善RC小偏心受压柱的延性。分析原因,在小偏心荷载作用下,HSME加固RC柱中核心混凝土发生了较大的横向膨胀变形,HSME加固层内的横向钢绞线对核心混凝土提供了有效约束,且HSME加固层未与混凝土界面发生剥离,因此试件延性得到提高。对比试件HSME-RC1和HSME-RC2可知,纵向钢绞线配筋率的变化对试件延性影响较小。对比试件HSME-RC1和HSME-RC3可知,相对初始偏心距越大,试件延性越好。

3.6 HSME加固层作用机理分析

基于试验数据绘出HSME加固RC柱试件HSME-RC1的跨中截面应变分布,如图10所示。由图10可知:试件HSME-RC1在小偏心荷载作用下,

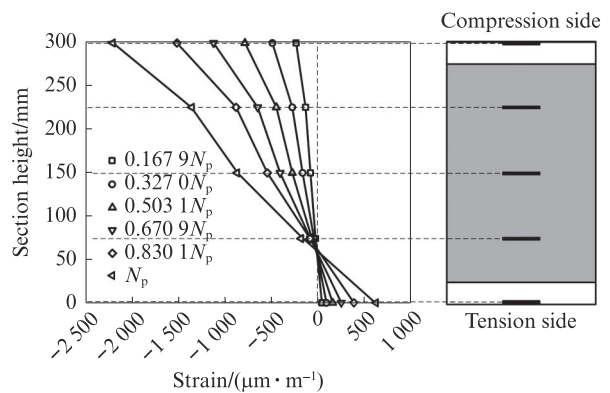


图10 试件HSME-RC1的跨中截面应变分布
Fig. 10 Strain distribution at mid-span section of specimen HSME-RC1

受拉侧应变较小,且随着荷载的增加,应变增幅较小,ECC最大拉应变为 $645\ \mu\text{m}/\text{m}$;受压侧应变随着荷载的增加而迅速发展,当加载达到峰值荷载的50%时,ECC压应变为 $780\ \mu\text{m}/\text{m}$,达到峰值荷载时,ECC压应变为 $2\ 202\ \mu\text{m}/\text{m}$.整个受力过程中,随着荷载的增大,中和轴(截面应变为0)逐渐向受压较大侧移动,截面平均应变大致呈线性分布,跨中截面应变分布基本符合平截面假定.

基于试验结果及受力分析,得到HSME对RC柱的加固机理为:(1)随着核心混凝土的横向膨胀变形增大,HSME加固层可有效约束核心混凝土,使受压区核心混凝土处于三向受压状态,使其抗压强度和延性明显增加,同时使受拉区核心混凝土处于双向受压、一向受拉状态.小偏心受压柱承载力主要依靠受压区,因此HSME加固RC柱的承载力较未加固RC柱大幅度提高.(2)受拉侧HSME加固层参与受拉,受压侧HSME加固层参与受压,由于HSME加固层与混凝土界面黏结牢固,未发生滑移、剥离等情况,二者协同工作性能良好,因此加固RC柱受力性能得到明显提高.

4 结论

(1)HSME加固RC柱在小偏心受压过程中,裂缝细而密.HSME加固层与核心RC柱混凝土协同工作性能良好,未出现滑移、剥落等情况.破坏前,受压区ECC出现竖向裂缝,随荷载缓慢下降,ECC和部分混凝土被压碎,具有明显的预兆,表现出了良好的延性破坏特征.

(2)当采用相同的相对初始偏心距时,与未加固RC柱相比,HSME加固RC柱的开裂荷载提高了100.0%~113.3%、峰值荷载提高了99.8%~108.0%、延性提高了75.9%~77.8%;与ECC加固RC柱相比,HSME加固RC柱的开裂荷载提高了7.1%~14.3%、峰值荷载提高了37.6%~43.3%、延性提高了17.3%~18.6%.

(3)相同荷载下,HSME加固RC柱中ECC应变和纵筋压应变均小于ECC加固RC柱.HSME加固RC柱相对初始偏心距越大,其峰值荷载越小,延性越好.

(4)HSME加固层可为核心混凝土提供有效的约束,使受压区核心混凝土处于三向受压状态,其抗压强度和延性系数明显增加,同时HSME加固层可以和核心RC柱一起承担偏心力,显著提高HSME加固RC柱的整体受力性能.

参考文献:

- [1] 阚黎黎,施惠生.工程水泥基材料裂缝分布及自愈合后力学性能[J].建筑材料学报,2012,15(1):27-33.
KAN Lili, SHI Huisheng. Crack distribution and mechanical performance of self-healing of engineered cementitious composites (ECC) materials[J]. Journal of Building Materials, 2012, 15(1): 27-33. (in Chinese)
- [2] 刘泽军,李艳,温丛格.PVA-ECC劈裂抗拉强度与变形性能试验研究[J].建筑材料学报,2016,19(4):746-751.
LIU Zejun, LI Yan, WEN Congge. Experimental study on strength and deformation performance of PVA-ECC under splitting tension[J]. Journal of Building Materials, 2016, 19(4): 746-751. (in Chinese)
- [3] ZHANG Y X, DENG M K, LI T, et al. Strengthening of flexure-dominant RC columns with ECC jackets: Experiment and analysis[J]. Engineering Structures, 2021, 231:794-804.
- [4] AL-GEMEEL A N, ZHUGE Y. Using textile reinforced engineered cementitious composite for concrete columns confinement [J]. Composite Structures, 2019, 210 (2) : 695-706.
- [5] 袁超.聚乙醇纤维水泥砂浆钢筋网加固RC偏压柱试验研究[D].长沙:湖南大学,2012.
YUAN Chao. The research on bearing capacity of PVA-ECC reinforced concrete square column subjected to eccentric load[D]. Changsha:Hunan University, 2012. (in Chinese)
- [6] ZHAO H. Axial compressive behaviour of concrete strengthened with steel rings, wire mesh and modified high strength mortar (MHSM)[J]. Construction and Building Materials, 2020, 250: 118938.
- [7] 孙延华,陈秋冬,熊光晶,等.钢筋钢丝网砂浆加固RC梁的抗剪试验[J].建筑材料学报,2015,18(5):796-801.
SUN Yanhua, CHEN Qiudong, XIONG Guangjing, et al. Shear behavior of RC beams reinforced by steel bars/wire mesh mortar [J]. Journal of Building Materials, 2015, 18(5):796-801. (in Chinese)
- [8] 朱俊涛,张凯,王新玲,等.高强不锈钢绞线网与ECC黏结-滑移关系模型[J].土木工程学报,2020,53(4):83-92.
ZHU Juntao, ZHANG Kai, WANG Xinling, et al. Bond-slip relational model between high-strength stainless steel wire mesh and ECC[J]. China Civil Engineering Journal, 2020, 53(4) : 83-92. (in Chinese)
- [9] ZHANG K, YUAN Q, ZHU J T. Analytical model for the bonding performance between HSSWM-ECC and concrete[J]. Cement and Concrete Composites, 2022, 132:104632.
- [10] WANG X L, YANG G H, QIAN W W, et al. Tensile behavior of high-strength stainless steel wire rope(HSSWR)-reinforced ECC [J]. International Journal of Concrete Structures and Materials, 2021, 15(1):43.
- [11] 王新玲,罗鹏程,钱文文,等.高强不锈钢绞线网增强工程水泥基复合材料薄板受弯承载力研究[J].建筑结构学报,2022,